

EL PROYECTO DE ENERGIA GEOTERMICA DE NICARAGUA Y SUS IMPLICACIONES

Ing. Carlos Ferrey O.



El área del volcán Momotombo está siendo aprovechada para explotar sus recursos geotérmicos.

El avance de los estudios y trabajos realizados en los últimos años en Nicaragua, sobre la utilización directa o indirecta de las fuerzas endógenas, con el fin de obtener de ellas energía, me ha creado la inquietud de actualizar los estudios anteriores y efectuar al mismo tiempo en lo posible, basado en los datos obtenidos en el campo, un resumen (completo) y un estudio profundo sobre el estado actual de los resultados obtenidos en la necesidad de aumentar las fuentes de energía económica, objetivo principal del Gobierno de Nicaragua, quien no ha escatimado esfuerzo para llegar a cubrir en un futuro cercano las necesidades siempre mayores de la vida contemporánea.

Los resultados obtenidos en la década del 50, de estudios geológicos, nos permitieron alimentar un optimismo creciente a medida que estos estudios avanzaban, ya que por medio de ellos fueron determinadas características geo-tectónicas altamente favorables en áreas del Pacífico de Nicaragua que muy particularmente coinciden con la actual depresión a lo largo de la cuenca de los dos lagos e íntimamente ligadas con zonas volcánicas todavía extraordinariamente activas.

Este optimismo llevó a nuestro Gobierno a intensificar estos estudios, y en la década del 60 la compañía Texas Instruments Incorporation efectúa una exploración,

teniendo al Servicio Geológico (Ministerio de Economía) como contraparte. Esta exploración sobre los recursos geotérmicos abarca la parte occidental del territorio nacional, llegando a determinar dos áreas favorables con gran potencia geotérmica. Estas dos áreas fueron: a) Área de San Jacinto, con sus alrededores El Najo, Tisate, b) Área de Momotombo Sur y sus alrededores.

En los años de 1972 y 1973 un equipo de técnicos de Naciones Unidas efectúa estudios en el territorio nacional tomando prioridad por los dos campos geotérmicos antes mencionados, recomendando el estudio al detalle en el campo de Momotombo Sur. He de hacer notar aquí que esta etapa de trabajo se ve afectada por el sismo de 1972, (y los resultados alcanzados en este estudio no fueron los previstos) ya que otros programas a nivel nacional tomaron prioridad, pero a pesar de ello los estudios realizados pasan a ser base para estudios posteriores.

En 1974 ENALUF en representación del Gobierno de Nicaragua y la compañía Electroconsult (italiana) como consultores intensifican los estudios geotérmicos, especialmente en el área de Momotombo Sur. Para trabajos de perforación es contratada la compañía francesa Foramines, S. A.

En esta etapa, el optimismo se convierte en realidad cuando el 28 de mayo de 1975 se obtiene en el área el primer pozo productor de vapor, habiéndose perforado 490 mts.

Es importante hacer aquí la aclaración que el pozo MT-2, el cual el 28 de mayo de 1975 produce vapor, es considerado el primer pozo productor por los cálculos efectuados posteriormente, ya que el área de Momotombo había tenido en la década de 1960-1970 un pozo productor de vapor cuya profundidad fue 203 metros y su temperatura máxima registrada del fluido de perforación fue de 63°C. Esto fue la noche del 17 de septiembre de 1970; este pozo cuyo objetivo era la medición de temperaturas en el subsuelo era considerado como un pozo de gradiente y fue conocido como el pozo M-1A, actualmente está cerrado por sus válvulas y se conoce como el pozo de la Texas. El flujo de vapor levantó una columna de 150-175 pies, teniendo una salida de 10 - 12 pulgadas, se efectuó una medición de altura por medio de un helicóptero y el altímetro registró para la columna de vapor una altura de 200 pies.

En 1975, siempre ENALUF como responsable ante el Gobierno de Nicaragua y la compañía California Energy como consultores, elaboran un plan de trabajo de perforación teniendo como sub-contratistas a Energéticos, estando estos últimos en etapa de perforación.

Abrigamos la certeza de que el esfuerzo de nuestro Gobierno respaldado por el celo de nuestra Empresa serán el faro para alcanzar el éxito de nuestros trabajos, en crear una fuente de bienestar para la vida del país.

Utilización Industrial de la Energía Geotérmica o Fuerza Endógena

Energía Geotérmica es el nombre dado a la energía derivada directamente del calor interno de la tierra. También se emplea la frase "Fuerzas Endógenas" para referirse a los vapores de agua y a las aguas termales del sub-suelo, susceptibles para la utilización directa o indirecta, con el fin de obtener de ellas energía.

El vapor de agua captado mediante sondeos más o menos profundos, pueden ser conducidos directamente a las turbinas para producir energía eléctrica; cuando el fluido caliente encontrado en el sub-suelo es agua al estado líquido, tiene dos posibilidades de empleo; el agua termal con temperatura superior a los 100°C se utiliza el porcentaje de vapor que ella puede dar a la presión escogida de utilización o si no, impidiendo la ebullición se utiliza su contenido calorífico para calentar y evaporar un fluido motor intermedio que puede ser igualmente agua.

Distribución Geográfica

Ha sido reconocido desde tiempos primitivos que el interior de la tierra está a temperaturas más altas que su superficie externa y que en ciertas áreas, especialmente en regiones volcánicas, hay manifestaciones superficiales de estas altas temperaturas, en forma de manantiales calientes, fumarolas, etc. También evidencias de estas altas temperaturas son proporcionadas por los volcanes en erupción que lanzan rocas derretidas e incandescentes, gases, cenizas volcánicas, etc.

Los primeros en explorar la energía geotérmica como medio para la producción de electricidad fueron los italianos, el área térmica de Larderello, situado a sólo sesenta kilómetros de la ciudad de Florencia (Italia) produce vapor el cual es directamente conectado a las turbinas para la generación de electricidad. Actualmente son producidos en los campos térmicos italianos más de 400 MW siendo éstas las áreas térmicas mejor explotadas en el mundo. Hay pocas dudas que sobre una base histórica los italianos puedan justamente ser llamados los pioneros en el uso industrial de la energía geotérmica.

Lo sorprendente es que el desarrollo exitoso y continuo de la energía geotérmica explotada en gran escala en Italia, hasta hace poco no había tenido repercusión en otras partes del mundo, que indudablemente poseen recursos naturales similares a los campos térmicos italianos. Tal interés tan limitado es más sorprendente cuando está considerado que sobre bases económicas tales desarrollos son comparables al costo de la energía obtenida de la más favorable planta hidroeléctrica y considerablemente más bajo que la estación térmica más convencional.

Desde 1928 se tienen noticias de un cierto interés en los trabajos para localizar "Fuerzas Endógenas" en Italia, Estados Unidos de Norte América, Nueva Zelandia, Siena, etc.

En Italia como ya dije, antes de 1928 la explotación del vapor endógeno tenía ya mucho tiempo un nivel industrial pero fue hasta ese año que la búsqueda de la energía endógena se intensificó y se extendió a muchísimas regiones del mundo, con especial preferencia a las zonas volcánicas.

La distribución geográfica de recursos geotérmicos en todo el mundo es notablemente coincidente con la faja de actividad volcánica y también en aquellas áreas donde hay evidencias que actividades volcánicas han ocurrido en "Tiempos Geológicos Recientes". Sería de necesidad para el lector aclarar que la frase "Tiempos Geológicos Recientes" puede comprender un período de millones de años, por esta razón, los recursos geotérmicos pueden existir en áreas remotas de actividad volcánica actual.

Un hecho de importancia para corroborar lo anterior, y con un gran valor científico fue descubierto en el área de Cambay, al noroeste de la India, al encontrarse agua caliente durante la perforación de un pozo de petróleo; este hallazgo es de insignificancia económica, ya que no se encontró en cantidad explotable comercialmente, pero de gran importancia científica como ya dije, ya que el sitio yace fuera de cualquier área de presente actividad volcánica.

Los países que tienen o se cree poseen importantes recursos de energía geotérmica son dados a continuación:

Argentina	Bolivia
Chile	Colombia
Costa Rica	Ecuador
Etiopía	Grecia
Guatemala	Honduras
Indonesia	Italia
Japón	Kenya
U.R.S.S.	Madagascar
México	Nicaragua
Nueva Zelanda	Perú
Panamá	Filipinas
U.S.A.	El Salvador
Zaire	Isla Salomón
Islandia	Turquía
Taganicia	Venezuela

A medida que se vayan explotando potenciales naturales de recursos geotérmicos, esta lista va en aumento, por lo que no se puede considerarla como completa.

Una forma de energía geotérmica que se encuentra grandemente distribuida en zonas fuera de actividad volcánica presente, es la aparición de manantiales de agua caliente (50°C o más) estas fuentes, exceptuando circunstancias muy particulares y necesidades locales, no son muy aprovechables para generar electricidad, pero en algunos países que tienen inviernos prolongados, esta energía se está utilizando para sistemas de calefacción, así vemos como ejemplos el uso en Hungría, Rusia e Islandia.

Aprovechamiento Geotérmico en América Latina

Chile: Con su campo geotérmico en la localidad del Tatio, en la provincia de Antofagasta, donde se han

perforado 12 pozos (datos obtenidos hasta 1974). De estos 12 pozos los 6 primeros fueron pozos de gradientes (exploratorios) a una profundidad de perforación de 500 – 600 metros (sobre el nivel del mar).

El primer pozo productor que con este fin se llevó a cabo se encuentra a una altura de 4,363 metros sobre el nivel del mar, siendo su profundidad de perforación de 873 m. Se inició el 10 de enero de 1973 y se dió por terminado el 3 de mayo del mismo año; en la numeración de pozos en el campo geotérmico de Tatio le correspondía el número 7. Con este aliciente el programa de perforación se vió acelerado y se perforaron hasta 1974, 5 pozos más, que siguiendo la numeración los resultados fueron satisfactorios en los pozos 10 y 11, dejando el pozo 9 en etapa de reperfusión.

La producción de energía eléctrica de Chile en la actualidad tomando como origen las fuentes endógenas es de 15 a 18 MW.

México: En la localidad de Cerro Prieto, en el estado de Baja California está ubicado uno de los campos más productores de América; su producción actual es de 75 MW, habiéndose perforado 37 pozos que varían de 600 a 2600 m.; esta producción va en aumento a medida que se desarrolla el plan de perforación.

Así como estos dos países ya se encuentran en la etapa de producción, tenemos (en América Latina) otros que están de exploración, entre ellos podemos mencionar a Perú en donde se efectúan trabajos de exploración en las faldas del volcán Ubinos, en el sureste del territorio peruano, en la región de las pampas de Piscococha, límite con la frontera con Chile.

Bolivia también está en etapa de exploración, con un campo geotérmico situado en el departamento de Cochabamba.

Centro América y Panamá: Tomando a Centro América como un solo bloque se puede decir que de toda Latino América, es en Centro América donde ha tomado mayor auge la búsqueda de la energía endógena y a la fecha hay ya dos países con avanzada etapa de producción, uno de los cuales con planta instalada y el otro en etapa de instalación. Estos dos países son El Salvador y Nicaragua.

El Salvador: La búsqueda de fuentes geotérmicas en El Salvador data de 1965 cuando bajo los auspicios de Naciones Unidas se iniciaron los trabajos de exploración.

La segunda etapa ejecutada entre 1969 y 1971 por el Gobierno Salvadoreño condujo a las actuales operaciones en gran escala para desarrollar el campo de Ahuachapán; en este campo se han obtenido temperaturas de 240°C, presiones promedio de 150 lbs./pulgadas cuadradas y se han perforado pozos que varían de 600 a 1400 mts. El número de pozos perforados es de 27 pozos siendo que ya se ha establecido una red de 6 pozos entre los que podemos contar con pozos que producen por sí solos de 4.5 MW a 8.8 MW. Estos 6 pozos comprenden la primera unidad turbo-generadora de 30.000 KW. Esta capacidad inicial de 30 MW de la planta Geotérmica de Ahuachapán será aumentada en los próximos años mediante la adición de la segunda unidad generadora, a un total de 60.000 KW, proyectándose los estudios en un futuro para una tercera planta.

Así también el CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa) que es la institución coordinadora de estos estudios por parte del Gobierno de El Salvador, no ha olvidado otras áreas del territorio con similares propiedades geotérmicas y así vemos que se pretende hacer estudios de factibilidad para construir plantas geotérmicas en los departamentos de Usulután, San Miguel y San Vicente.

Costa Rica: Este país se encuentra en la etapa de exploración en la región de Liberia; en información verbal de algunos técnicos que trabajan en este programa, fui informado que esperan para el presente año entrar en una etapa franca de perforación, ya que los resultados hasta hoy obtenidos han servido de aliciente para las próximas etapas.

Guatemala: Este es un caso especial y cabe hacer mención del Ing. Betancourt, quien ha realizado un gran trabajo aun en circunstancias adversas de equipo, y quien ya ha conseguido interesar al Gobierno Guatemalteco para seguir en una etapa franca de perforación.

El Ing. Betancourt y su equipo de técnicos perforando con maquinaria de percusión en la región de Moyuta, encontró a más o menos 200 mts. de profundidad, el primer pozo productor de vapor en el territorio Guatemalteco. Actualmente Guatemala está intensificando los estudios geotérmicos y han contratado los servicios de la Compañía ELC y Foramines como supervisores y Perforadores respectivamente.

Panamá: El proyecto geotérmico en este país se encuentra en etapa de perforación de pozos de gradientes que varía de 150 a 300 metros de profundidad; la región que están perforando o mejor dicho estudiando, es el área limítrofe con Costa Rica.

Hace un año Panamá anunció en conferencia, el primer pozo productor de vapor en territorio panameño, pero unos días después el pozo dejó de producirlo; este caso que podría ser considerado por muchos como un fracaso, es el que se ha convertido en la base para la búsqueda y exploración.

Búsqueda de Fuentes de Energía Endógenas en Nicaragua

El primer paso para la búsqueda de energía endógena en Nicaragua lo dió McBirney en 1953 cuando estudió por medio de mediciones calorimétricas, el área de San Jacinto.

Estas mediciones no son tan precisas pero no dejan de ser de gran interés tanto científico como histórico para el Proyecto Geotérmico actual.

Las mediciones efectuadas por McBirney consistieron en el uso de un calorímetro donde pudo recabar la pérdida de calor a través de los respiraderos de vapor existentes en ese tiempo en la región de San Jacinto, propiamente en el lugar conocido como los Hervideros de San Jacinto. Estas mediciones fueron: 19.781 pies² de lodo hirviendo dan 2.170.5x10⁵gr cal/min. 37.800 pies² de hervideros de vapor dan 1.0105x10⁵gr cal/min. 40.500 pies² de suelo caliente dan 128.0x10⁵gr cal/min. Area Total 98081 pies² (9.11m²) dan 3,309.0x10⁵gr cal/min.

Convirtiendo eso a KW se obtiene la cifra de 23.100 KW por la entera zona fumarólica.

También McBirney efectuó mediciones similares en el área de Tizate, lugar situado aproximadamente a unos 2.5 Kms. de San Jacinto, en dirección Norte, acá McBirney en 1953 perforó un pozo que vendría a ser con el tiempo el primer pozo geotérmico; este pozo que en la actualidad sigue desprendiendo vapor, presenta una tubería de 2.5" de diámetro con una válvula de 1/2" por donde escapa el vapor de agua a gran presión. No se tiene informe de la profundidad de dicho pozo pero es de creerse que no alcanza gran profundidad. Este pozo además de histórico es interesante pues indica que los vapores son limpios, no se siente olor azufroso, en los alrededores no se presentan manifestaciones salinas como producto de precipitación del vapor.

Desgraciadamente no se ha podido efectuar medición alguna en los vapores de agua de este pozo, aunque hace un año trató de cambiársele la válvula para ponerle una apropiada para mediciones; no se efectuó este trabajo por el factor tiempo y prioridad de otra área.

En 1959 el Servicio Geológico se preocupa por la búsqueda de la energía por medio de las fuerzas endógenas y Daniele del Giudice en ese año publica "Informe Sobre las Investigaciones de las Fuerzas Endógenas en Nicaragua".

En el dá a conocer diferentes localidades de fuentes termales haciendo énfasis en las más importantes, según análisis químicos por él realizados. Así vemos que hace una clasificación, según su localización y las divide:

1o. Límite Occidental de la Fosa Tectónica

- a) Larreynaga (Chinandega)
- b) El Charco (León)
- c) San Jacinto (Telica - León)
- d) La Paz Centro (León)
- e) Jiloá (Managua)
- f) Las Pocitas (Managua)
- g) Tipitapa (Managua)
- h) Santa Teresa (Carazo)
- i) Laguna de Apoyo (Granada)
- j) Agua Caliente (Isleta de Granada)

A esta lista tenemos que agregarle algunas localidades más, (como son):

- I El Comalito (Masaya)
- II El Mombacho (Granada)

Como dije estos son dos puntos fumarólicos de gran importancia y que se están considerando en la actualidad para estudios de un futuro cercano.

2o. Límite Oriental de la Fosa Tectónica

Considerando esta otra separación como una zona delimitada tenemos que Daniele del Giudice coloca en ella:

- a) El Limón (León)
- b) San Francisco del Carnicero (Managua)
- c) Laguna de San Francisco del Carnicero (Managua)
- d) Teustepe (Boaco)

- e) Juigalpa (Chontales)
- f) San Pedro de Lóvago (Chontales)
- g) El Castillo (Río San Juan)
- h) San Miguelito (Río San Juan)

Acá también tenemos otros manantiales que ya han sido analizados y que en conjunto forman campos donde se está pensando profundizar más los análisis.

Entre los más importantes tenemos los de:

- a) Santa Pancha (León)
- b) El Area Nor-Este de San Francisco del Carnicero (Managua), donde se han encontrado diferentes puntos de importancia.

3o. Fuera del Area del Pacífico

- a) Ayapal (Río Bocay Jinotega)
- b) Aranjuez (Nueva Segovia)
- c) Macuelizo (Nueva Segovia)
- d) Santa Rosa (Condega, Estelí)
- e) Paso Real (Matiguás, Matagalpa)
- f) El Molino (Sébaco, Matagalpa)
- g) Muy Muy (Matagalpa)
- h) El Tempisque (Darío, Matagalpa)
- i) Río Mico (El Rama, Zelaya)
- j) Aguas Calientes (Bluefields, Zelaya)

Acá en esta división que es la parte más extensa en área, se encuentran algunos manantiales que no han sido señalados en esta lista pero que serán tratados en un informe en preparación sobre manifestaciones termales en Nicaragua.

Es de importancia sí, el manantial de Aguas Calientes, ubicado entre Nicarey y Paiwas, Río Grande de Matagalpa, ya que su caudal y temperatura son bastantes considerables.

Estos dos estudios antes mencionados, el de McBirney y el del Servicio Geológico se pueden decir fueron los primeros estudios en la búsqueda de fuentes de energía geotérmica en Nicaragua.

Por otra parte, observando la actividad explosiva del volcán San Cristóbal, las erupciones del Cerro Negro, la actividad humeante del Telica, Momotombo, Mombacho, El Hoyo y Santiago, la intermitente actividad del Concepción, dan testimonio inequívoco de que existe una gran capacidad explosiva en el magma.

Hay que considerar también que los caracteres estatigráficos positivos que tenemos en nuestro territorio hacen aún más favorable el estado térmico del subsuelo, ya que existe un espesor relativamente bajo de terreno sedimentario piroclástico, siendo este espesor del orden de 600 metros, que está constituido de formaciones permeables, apoyadas sobre terrenos más antiguos, corrugados o plegados e impermeables, con interestratificación permeable.

Acá es de recordar la definición de un campo geotérmico como lo describe G. Focca - F. Tonani (1964), que dice que un campo termal consta de:

- a) Fuente Calorífica
- b) Reservorio
- c) Roca de Cobertura

Así tenemos que en toda el área correspondiente a los Cuaternarios volcánicos a lo largo de la Cordillera de los Marrabios, se presenta una cámara magmática, como ya dije, origen de actividad fumarólica de algunos de los volcanes de nuestro territorio, así como también fuente de numerosos manantiales termales.

Asimismo se considera que formaciones Terciarias de limitada permeabilidad estén en contacto más cercano con la cámara magmática, siendo estas formaciones las que transmitirían el flujo calorífico a las rocas reservorio.

El reservorio estaría identificado en parte por el grupo Las Sierras y en parte posiblemente por las formaciones sedimentarias poroso-permeables del Terciario Superior.

Como roca de cobertura puede ser considerada los niveles impermeables de la parte superior del grupo Las Sierras y la gran cobertura de los volcánicos Cuaternario (Mantos Lavíticos y Piroclásticos).

Teniendo en cuenta la presencia de horizontes impermeables en las formaciones consideradas como reservorio, he llegado teóricamente a creer que se tienen varios horizontes permeables que podrían contener vapor sobresaturado.

Es de hacer notar también que las características geológicas de las zonas tienen muchas analogías con las existentes en El Salvador, así como relaciones que la pueden comparar con áreas de investigaciones intensas como son Japón, Italia, Nueva Zelandia, etc., con ventaja aún sobre ésta, en extensión territorial de las áreas.

Proyecto Geotérmico En Sí

Hablar del Proyecto Geotérmico en Nicaragua nos lleva a remontarnos al año 1969, y haremos un poco de historia respecto a los programas que se han efectuado en Nicaragua respecto a la Geotermia.

En el año de 1969 después de diferentes negociaciones técnicas, el Gobierno de Nicaragua llega a un acuerdo y celebra un contrato con Texas Instruments Incorporated, para que realice una exploración de los recursos geotérmicos en la parte Occidental del territorio nacional.

Este contrato abarca la realización de la primera etapa, de un proyecto dividido en tres partes, presentado por el Gobierno de Nicaragua, de la siguiente manera:

- I Parte: Localización y delineación de un campo o campos potenciales geotérmicos.
- II Parte: Probar el campo o campos de potenciales geotérmicos, por medio de perforaciones de exploraciones profundas.
- III Parte: Diseño y desarrollo para la producción de vapor y fuerza.

El costo de este contrato, más el diez por ciento de los honorarios fijos fue evaluado originalmente en US\$455.479.00. Esta cifra fue posteriormente enmendada a US\$639.400.

Los estudios involucrados en la primera etapa fueron financiados por préstamos otorgados a través de USAID al Gobierno de Nicaragua, así como la contribución directa del Gobierno en la exploración, que consistió en proveer vehículos y combustibles, oficinas de trabajos,

servicios de laboratorios, personal administrativo y técnico.

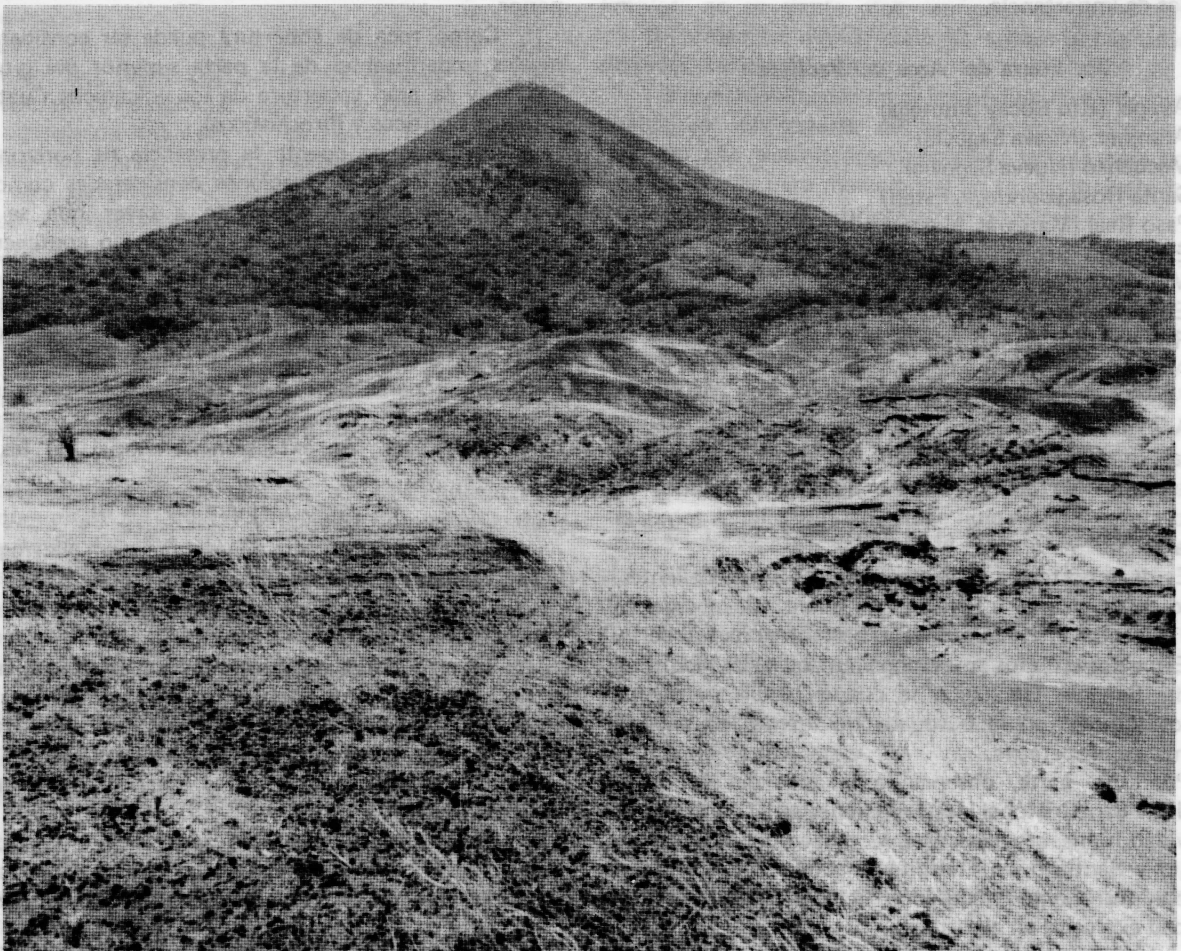
Estos estudios realizados por la Texas se terminaron en febrero de 1971. Los resultados obtenidos se han convertido en la mayor fuente de consulta de las etapas posteriores. Como un resumen técnico de los estudios realizados por Texas Instruments Incorporated, podemos decir que:

Geológicamente el área estudiada por ellos está determinada por la depresión nicaragüense (Graben) que viene a ser un bloque fallado con tendencia de inclinación noroeste, limitado por la gran falla que dió origen a la Cordillera de los Marrabios y que sigue un rumbo NW —

Masachapa (Oligoceno), Fraile y Tamarindo (Mioceno), Salto (Plioceno), Las Sierras (Plioceno — Pleistoceno).

Por otra parte, la evaluación efectuada por la Texas en el área del contrato, revelaron un gran número de fumarolas, áreas hidrotermales alteradas, fuentes termales, así como pozos termales que vinieron a ampliar la lista antes mencionada de Daniele del Giudice.

Como ya se hizo mención, estas manifestaciones termales están íntimamente ligadas a los volcanes jóvenes de la región y estrechamente asociadas a la depresión



Campo térmico al pie del Momotombo donde se verifican las perforaciones.

SE y se ve cubierta por la cadena de volcanes y conos compuestos de la Era Cuaternaria, con edades que varían del Pleistoceno a la actualidad.

Litológicamente podemos decir que rocas sedimentarias del Cretácico Superior al Plioceno se encuentran de la parte sur al oeste de la depresión, las rocas volcánicas del Terciario con intrusiones ígneas, rocas metamórficas del Paleozoico y sedimentarias del Mioceno cubren la parte norte al este de la depresión.

Tomando lo dicho como un resumen del informe geológico de la Texas, podemos agregar que se trata de las formaciones Rivas (Cretace Superior), Brito (Eoceno),

nicaragüense, presentando flujo de calor mayor que el normal.

El área de estudio fue dividida en diez áreas termales con atributos variables. Estas áreas son:

- 1) Las fumarolas del volcán Momotombo Sur.
- 2) Las fumarolas de San Jacinto.
- 3) Las fumarolas del volcán Casita.
- 4) Las fumarolas del volcán Telica — Ñajo.
- 5) El área termal de la Laguna de Jiloá — Apoyeque.
- 6) El área termal del volcán Mombacho.
- 7) Las fumarolas del Cerro Colorado.

- 8) Las fuentes termales de Tipitapa
- 9) Los pozos termales de la Hacienda Aguas Calientes — Villa Salvadorita.
- 10) Las fuentes termales de San Luis.

De estas diez áreas, cinco de ellas consisten principalmente de fumarolas; dos de fumarolas y fuentes termales, dos de fuentes termales únicamente y una de pozos termales.

Después de su estudio, la Texas recomienda que de todas estas áreas antes mencionadas, las de mayor prioridad para posteriores análisis y estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos son: El volcán Momotombo Sur y las fumarolas de San Jacinto — Tisate.

Estas dos áreas pasaron a ser estudiadas al detalle en el campo geológico, llegando a la conclusión que en el área de San Jacinto — Tisate — Ñajo, la actividad termal está bien desarrollada pero no es tan extensa ni tan intensa como las fumarolas del volcán Momotombo Sur.

En el campo de las prospecciones de gravedad y magnetismo se llevó a cabo una exploración de reconocimiento gravimétrico — magnético en toda el área, así como exploraciones detalladas en las áreas termales de prioridad, San Jacinto y el volcán Momotombo Sur.

Se llegó a correlacionar estas dos áreas con las tendencias negativas gravimétricas y magnéticas locales encontradas en el estudio.

En el campo de la prospección geofísica eléctrica se efectuaron:

- 1) Perfiles de Resistividad.
- 2) Sondeos profundos de Resistividad.
- 3) Inspecciones de mapeo dipolar.
- 4) Sondeos electromagnéticos.

Todos estos estudios se realizaron especialmente en las dos áreas de prioridad, llegando a la conclusión que entre ellas se tenía que tomar como principal el área de Momotombo Sur ya que todos los resultados de los estudios realizados así lo determinaban.

En el campo geoquímico se llegó, por medio de un total de 130 muestras de agua y 52 muestras de gases en las 10 áreas antes mencionadas, a clasificarlas en un orden de importancia según los resultados obtenidos, en el siguiente orden:

- 1) El volcán Momotombo Sur
- 2) San Jacinto — Tisate
- 3) El volcán Casita
- 4) El volcán Telica — Ñajo
- 5) Laguna de Jiloá y Apoyeque
- 6) El volcán Mombacho
- 7) Hacienda California
- 8) Tipitapa
- 9) San Luis
- 10) Aguas Calientes

En el campo de las perforaciones se efectuaron 14 pozos de gradientes de temperatura correspondiente a seis pozos en el área de San Jacinto y ocho en el Momotombo Sur; estas mediciones de temperatura llevaron a elegir más aún la zona de Momotombo Sur ya que se

comprobó que posee una fuente de calor con un volumen mucho mayor que la zona térmica de San Jacinto; también se llegó a la conclusión que la fuente térmica del volcán Momotombo está a menos profundidad y tiene una temperatura mucho mayor que la fuente de San Jacinto.

Para completar la primera etapa del contrato con la Texas, esta compañía como suplemento de información, perforó un pozo profundo de prueba para determinar la temperatura base del depósito de vapor en el Momotombo Sur. Este pozo, como ya se hizo mención, se inició en el mes de septiembre de 1970, terminándose el 17 de septiembre del mismo año, haciendo erupción esa misma noche. Como datos de este pozo tenemos:

Tiempo Total de Perforación	4.6. h.
Penetración Máxima	92 pies/h.
Penetración Mínima	25.6 pies/h.
Penetración Promedio	44 pies/h.

Temperatura Máxima del fluido de perforación fue de 63°C a 203 pies. Este pozo se puede decir fue ya lo último que en el Momotombo Sur hizo la Compañía Texas.

En sus recomendaciones señalan el campo de Momotombo Sur como almacenador de energía que puede ser convertido en fuente de gran valor comercial para el país.

Etapa II — Proyecto Geotérmico de Naciones Unidas

Se puede decir que debido a las conclusiones de los resultados obtenidos por la Texas Instrument Incorporated, el Gobierno de Nicaragua solicita la ayuda de las Naciones Unidas — Programa para el Desarrollo, para llevar a cabo investigaciones más concretas en nuestro país sobre Geotermia.

Así, el Gobierno de Nicaragua, representado por el Ministerio de Economía, y la Empresa Nacional de Luz y Fuerza, firman el 28 de agosto de 1972 los documentos del Proyecto Nic./71/510/A.

Este Proyecto consistía en estudios, ubicación, ejecución y montaje de las zonas a explotarse geotérmicamente, pero el terremoto de diciembre de 1972 vino, a sólo 3 meses de su inicio, a truncar este Proyecto en todo su objetivo

A pesar de ello, se continuaron los trabajos de campo que se habían comenzado, de geología, geoquímica, geofísica, etc.

Resumiendo los resultados obtenidos en esta etapa del Proyecto, podemos decir:

Después de los estudios geológicos y geoquímicos en el área de Momotombo Sur indican un sencillo campo geotérmico de más o menos 10 Km². Así también la geoquímica indica un área Up-Follow y pérdida de vapor, un área de 10—12 Km² de baja resistividad; así como otra área de más o menos 40 Km² en la parte baja de la zona de 10 Onm/m.

También se efectuó un plan de perforación con sus especificaciones y se planeó un desarrollo para tener en 1977 la primera unidad de 20 MW operando, 2 unidades más de 30 MW, cada una en 1980 y 2 más de 30 MW cada una para 1982 que hacen un total de 140 MW

instalado con un costo total de US\$41.000.000 (Cuarenta y un millón de dólares).

Estos serían los puntos más importantes del Proyecto Geotérmico de Naciones Unidas como es conocida esa etapa.

Proyecto Geotérmico Momotombo

Estando consciente de la importancia que tiene para el país la explotación de sus recursos geotérmicos para producción de energía eléctrica, se recomendó a la Empresa Nacional de Luz y Fuerza (ENALUF) para que fungiera en el futuro como Agencia Ejecutiva del Proyecto Geotérmico.

Así el 15 de mayo de 1974, el Dr. Luis Manuel Debayle en carácter de Presidente Ejecutivo de la Empresa, personeros de ELC — Electroconsult S. P. A. y Foramines, S. A. firman el contrato para iniciar la etapa hasta ahora más fructífera de la Geotermia en Nicaragua y que se denomina

PROYECTO GEOTERMICO MOMOTOMBO

El contrato en sí es para efectuar en el Momotombo 4 pozos profundos para ser explotados geotermoeléctricamente, con una profundidad variable entre los 600 y 900 metros que de ser necesario irían hasta los 1200 metros.

Todo esto sería efectuado por Foramines, que es la compañía perforadora. Así pues el 13 de noviembre de 1974 se da inicio a la perforación de lo que sería el primer pozo, utilizando el equipo de perforación EMSCO G. B. 250 de Foramines, S. A. Después de 101 días, el 27 de enero de 1975 se ha llegado ya a una profundidad de 795 metros y se determina inyectarle aire para presurizarlo y aumentar la presión en el fondo; al abrirlo el pozo fluyó pero después de 15 minutos comenzó a arrojar

piedras de diferentes diámetros, quedando después de cinco minutos en total calma. El pozo sufrió un derrumbe y al medir nuevamente su profundidad y temperatura el aparato no pasó más de los 227 metros y registró 202°C. Está en planes reperforarlo y entubarlo.

MT-2

El 15 de febrero de 1975 se inicia la perforación del segundo pozo, y a los 490 metros se tiene el pozo terminado; el tiempo de perforación fue de 80 días y se terminó de perforar el 6 de mayo de 1975.

Altitud de este pozo es de 62 metros sobre el nivel del mar.

El 28 de mayo de 1975 se abre el pozo y surge para Nicaragua la llama que demuestra la salvadora independencia del petróleo.

Este pozo ha sido medido durante todo este tiempo pasado y se calcula que el pozo MT — 2 es capaz por sí solo de producir 5 MW; está en los planes de la primera planta.

Después del éxito alcanzado en el MT — 2, la Empresa Nacional de Luz y Fuerza, a través de sus sub-contratistas están listos ya para instalar la primera planta productora de energía, con 10 pozos perforados, con profundidades que oscilan entre los 300 y 1800 metros, con una productividad actual de 39 MW.

Ardua fue la tarea, arduos fueron los escollos que se salvaron, pero hoy podemos decir que gracias al tesón del Dr. Luis Manuel Debayle, Nicaragua tendrá en un futuro próximo su primera planta generadora de energía geotérmica, y los nicaragüenses tendremos más oportunidad de superación al poder instalar mayores fábricas e industrias que generarán mayores fuentes de trabajo.